

Гидравлика и инженерная гидрология

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-90-96>

УДК 556.332.042:628.11

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
НА ВОДОЗАБОРАХ НАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ****Н.П. Карпенко**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»; 127434, г. Москва, Б. Академическая ул., 44, корп. 2, Россия

Аннотация. Цель исследований – обоснование и установление зон санитарной охраны подземных водозаборов Нарского месторождения в условиях изменения гидродинамического и гидрохимического режимов на основе количественных оценок защищенности основного водоносного горизонта от поверхностного потенциального загрязнения. Рассматриваются результаты проведенных исследований по изучению гидролого-гидрогеологических условий Нарского месторождения, расположенного на территории Наро-Фоминского городского округа Московской области, которое откачивает подземные воды для городского питьевого водоснабжения. Проведен анализ динамики показателей гидродинамического и гидрогеохимического режимов основных водоносных горизонтов месторождения и выявлены особенности их формирования. По данным многолетних исследований установлено изменение качества отбираемых подземных вод, в которых зафиксировано повышенное по отношению к предельно-допустимым концентрациям (ПДК) природное содержание отдельных компонентов, связанное с литологическими особенностями водосодержащих отложений. Выполнена количественная оценка защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения. Установлено, что исследуемый водозабор каширского горизонта не имеет достаточной защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения. Предложен состав необходимых мероприятий и технических приемов различного назначения (технических, технологических и природоохранных), которые позволят сохранить и обеспечить качество подземных вод на Нарском месторождении.

Ключевые слова: водоносные горизонты, водоснабжение, режим эксплуатации, подземные воды, качество, защищенность, мероприятия

Формат цитирования: Карпенко Н.П. Обеспечение качества подземных водных ресурсов на водозаборах Нарского месторождения // Природообустройство. 2025. № 1. С. 90-96. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-90-96>

Scientific article

**ENSURING THE QUALITY OF GROUNDWATER RESOURCES
AT THE WATER INTAKES OF THE NARSKOYE DEPOSIT****N.P. Karpenko**

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov»; 127434, Moscow, B. Akademicheskaya str., 44, building 2, Russia

Abstract. The purpose of the research is to substantiate and establish sanitary protection zones for ground water intakes of the Nara field in conditions of changing hydrodynamic and hydrochemical regimes based on quantitative assessments of the protection of the main aquifer from surface potential pollution. The results of the conducted research on the study of the hydrological and hydrogeological conditions of the Nara deposit, located on the territory of the Naro-Fominsk urban district of the Moscow region and which pumps groundwater for urban drinking water supply, are considered. The analysis of the dynamics of the hydrodynamic and hydrogeochemical regimes of the main aquifers of the deposit is carried out and the features of their formation are revealed. According to the data of long-term studies, a change in the quality of selected groundwater has been established, in which the natural content of individual components increased in relation to maximum permissible concentrations (MPC) is recorded, associated

with the lithological features of water-containing sediments. A quantitative assessment of the protection of groundwater from surface pollution has been carried out. It has been established that the studied intake of the Kashirsky horizon does not have sufficient protection of groundwater from surface pollution. The composition of necessary measures and techniques for various purposes (technical, technological and environmental) that will preserve and ensure the quality of groundwater at the Nara deposit is proposed.

Keywords: aquifers, water supply, operating mode, groundwater, quality, security, measures

Format of citation: Karpenko N.P. Ensuring the quality of ground water resources at the water intakes of the Narskoye deposit // Prirodoobustrojstvo. 2025. No. 1. P. 90-96. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-90-96>

Введение. Развитие различных отраслей народного хозяйства требует использования больших объемов поверхностных и подземных водных ресурсов, при эксплуатации которых вопросы их рациональной эксплуатации, охраны от истощения и загрязнения имеют первостепенное значение. Проблема сохранения качества воды является на данный момент актуальной. В настоящее время достаточных объемов воды, пригодных для питьевого водоснабжения, промышленного производства, орошения и т.д., не хватает во многих районах мира, поэтому вопросы обеспечения качеством подземных водных ресурсов являются актуальными и особенно востребованными. Для урбанизированных территорий Центральной части России эта проблема является особенно актуальной, поскольку длительная эксплуатация месторождений подземных вод для удовлетворения нужд населения и промышленных объектов сопряжена с негативными процессами загрязнения окружающей среды. Поэтому вопросы разработки природоохранных мероприятий по снижению антропогенной нагрузки на природную среду и мероприятий по обеспечения качества воды на водозаборах имеют большую практическую значимость.

Цель исследований: обоснование и установление зон санитарной охраны подземных водозаборов Нарского месторождения в условиях

изменения гидродинамического и гидрохимического режимов на основе количественных оценок защищенности основного водоносного горизонта от поверхностного потенциального загрязнения.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являются водозаборы Нарского месторождения, расположенного на восточной окраине города Наро-Фоминска Московской области. По данным исследований была выполнена переоценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод для Центральной части Московского артезианского бассейна, что было связано с существенными изменениями гидрогеологической обстановки, которая сформировалась в результате техногенного воздействия и длительного отбора подземных вод на этой территории [1-3].

Территория исследований входит в состав Нарского месторождения подземных вод, запасы подземных вод которого переоценивались по основным водоносным комплексам (табл. 1).

Интенсивный отбор подземных вод создал неблагоприятные экологические условия: напоры пьезометрических уровней эксплуатируемых водоносных комплексов сильно снизились до абсолютных отметок – от 152...160 (C_{2pd-mc}) до 66...92 м (C_{1al-pr}). За длительный период наиболее интенсивного освоения подземных вод

Таблица 1. Балансовые запасы подземных вод Нарского месторождения (по состоянию на 09.10.2015)

Table 1. Balance reserves of groundwater of the Narskoye deposit (as of 09.10.2015)

Водоносные горизонты и комплексы <i>Aquifers and complexes</i>	Индекс водоносного горизонта и комплекса <i>Index of aquifers and complexes</i>	Эксплуатационные запасы по категориям, тыс. м ³ /сут <i>Operational reserves on categories, ths m³/day</i>			
		A	B	C ₁	Всего / Total
Всего по месторождению / Total on the deposit		42,2	45,601	16,9	104,701
	C ₂	21,1	–	–	21,1
	C _{2pd-mc}	–	6,004	9,1	15,104
	C _{2ks+pd+mc}	–	3,388	–	3,388
	C _{2ks}	21,1	32,121	–	53,221
	C _{1ok-tr}	–	1,7	7,8	9,5
	C _{1ok-pr}	–	1,928	–	1,928
	C _{1al-pr}	–	0,46	–	0,46

на территории месторождения сформировалась локальная депрессионная воронка.

Максимальные от начала эксплуатации понижения фиксировались в начале 2000-х гг. на городских водозаборах северной и северо-восточной частей г. Наро-Фоминска. Характеристика качества подземных вод района исследований определяется особенностями его гидродинамического и гидрогеохимического режимов. Специфика геолого-гидрогеологических условий связана с природной неоднородностью и анизотропией литологического состава водовмещающих пород, степенью защищенности водоносных горизонтов и водоносных комплексов, а также взаимосвязью и характером водообменных процессов.

Исследуемый район исследований входит в состав Московского артезианского бассейна, для которого свойственно глубокое расчленение рельефа местности, а также наличие в осадочном чехле ослабленных тектонических зон повышенной проницаемости с формированием гидравлических окон. Это способствует интенсивной инфильтрации атмосферных осадков в глубокие нижележащие горизонты и определяет условия формирования, питания, распространения и транзита подземных вод.

К зоне активного водообмена, которая включает в себя продуктивные водоносные горизонты каменноугольных отложений, приурочены подземные воды с хорошими гидрохимическими показателями. Воды каменноугольных отложений являются пресными и относятся к гидрокарбонатному кальциевому, магниевому-кальциевому типу. Повышенные (по отношению к ПДК) природные содержания отдельных компонентов связаны в первую очередь с литологическими особенностями водосодержащих отложений. Так, доломиты и доломитизированные известняки являются источником высокой жесткости и магния, прослой глины и мергелей – лития, показателя мутности, а высокие концентрации фтора обусловлены присутствием минералов ратовкита и флюорита. Следует отметить, что природное ожелезнение карбонатных пород в условиях нестабильной окислительно-восстановительной обстановки предопределяет повышенное содержание в подземных водах железа, а с превышением концентраций железа в большинстве случаев связано несоответствие качества подземных вод по показателю цветности. Повышенные содержания стронция обусловлены присутствием целестина, встречающегося в каменноугольных отложениях Московского артезианского бассейна (рис. 1).

Питание водоносного комплекса четвертичных отложений формируется за счет

активной инфильтрации атмосферных осадков на всей площади его распространения. Основная разгрузка этого водоносного комплекса происходит в овражно-балочную эрозионную сеть или в нижележащие водоносные горизонты. Воды четвертичных отложений практически не представляют ввиду низкой водообильности и недостаточной защищенности от поверхностного загрязнения. Общая мощность четвертичных отложений составляет от 20...25 до 55...60 м. Для территории исследований характерно практически сплошное распространение валунных суглинков московской морены мощностью до 40 м. На исследуемом участке четвертичные образования вскрыты до глубины 28,8 м. Верхняя часть разреза (до 13,6 м) представляет собой переслаивание суглинков и песков, нижняя (13,6...28,8 м) сложена плотными моренными суглинками и песчаными глинами с включением гравия и гальки (рис. 2).

Результаты и их обсуждение. Обследование водозаборного узла проводилось с целью оценки технического состояния водозаборных и водопроводных сооружений, ухудшение которого может оказать влияние на экологическую ситуацию в границах зон санитарной охраны (ЗСО). Для характеристики водозабора были проведены:

- режимные наблюдения за динамическим режимом подземных вод, динамикой водоотбора подземных вод;
- гидрохимическое опробование воды в эксплуатационных и наблюдательных скважинах;
- исследования по организации первого пояса ЗСО.

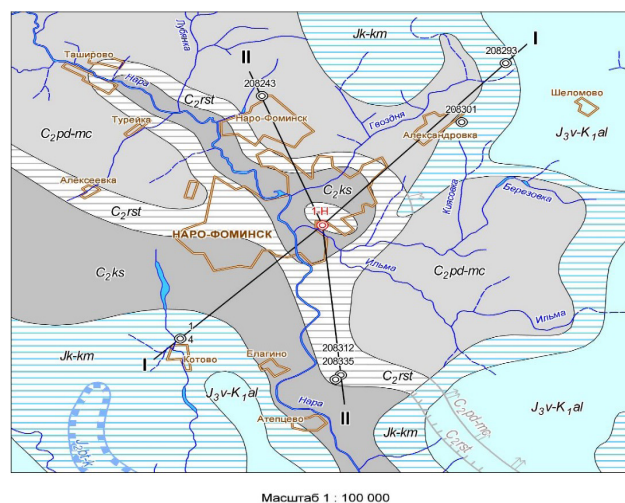


Рис. 1. Схематическая гидрогеологическая карта района работ

Fig. 1. Schematic hydrogeological map of the work area

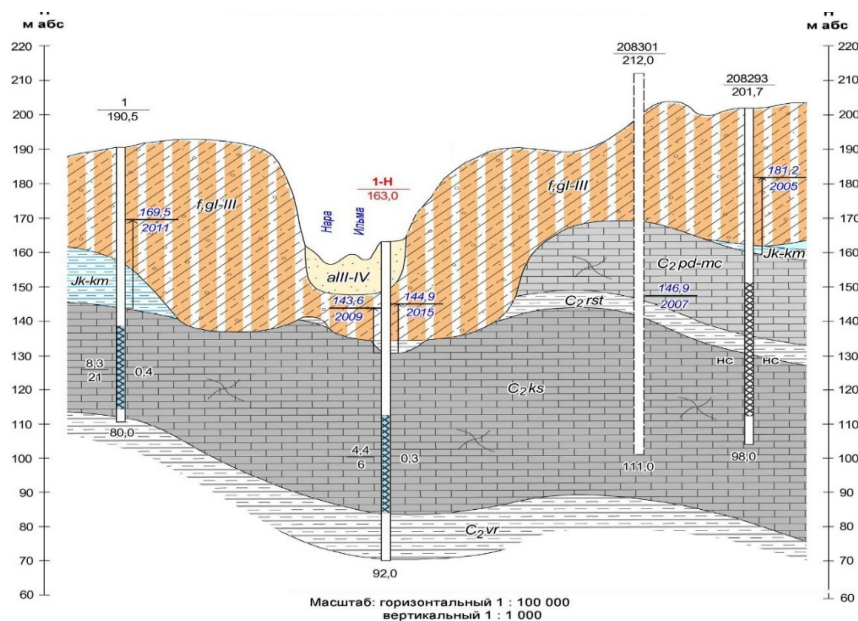


Рис. 2. Гидрогеологический разрез района исследований
Fig. 2. Hydrogeological section of the study area

Согласно гидрогеологической документации разрешенный водоотбор составляет $295 \text{ м}^3/\text{сут.}$, целевое использование подземных вод – питьевое, хозяйственно-бытовое водоснабжение, а режим работы водозабора принимался за круглосуточный круглогодичный.

В нарушенных эксплуатацией условиях, а также при недостаточной защищенности, в зависимости от интенсивности и характера техногенного воздействия с поверхности фоновый гидрокарбонатный тип подземных вод может смениться на гидрокарбонатно-сульфатный, сульфатный либо смешанный трехкомпонентный, при этом, как правило, повышаются минерализация и уровень жесткости. В зависимости от типа загрязнения в воде могут присутствовать в повышенных концентрациях азотсодержащие вещества, фенолы, нефтепродукты и т.д.

Одним из важных факторов, влияющих на качество воды, является вертикальный водообмен между смежными водоносными подразделениями, активность которых зависит от режима и интенсивности эксплуатации подземных вод каменноугольных отложений. Дисбаланс пьезометрических напоров, сформировавшийся под влиянием местного и регионального водоотбора, может стать причиной привноса в продуктивные горизонты и комплексы нехарактерных для них компонентов.

Характеристика качественного состава подземных вод каширского водоносного комплекса на изучаемом участке недр, а также качества воды после водоподготовки была проанализирована по многочисленным скважинам.

Гидрогеохимическая характеристика воды относится к гидрокарбонатному магниево-кальциевому типу. Реакция среды нейтральная и слабощелочная, показатель pH изменяется от 7,1 до 7,9 и в среднем составляет 7,4. По величине сухого остатка ($191,0...629,0 \text{ мг/л}$ при среднем значении $385,2 \text{ мг/л}$) воды пресные, по уровню общей жесткости ($5,1...7,1 \text{ мг-экв/л}$, в среднем – $6,1 \text{ мг-экв/л}$ при ПДК $7,0 \text{ мг-экв/л}$) – умеренно жесткие и жесткие. Концентрации хлоридов и сульфатов изменяются в диапазоне $46,0...128,6 \text{ мг/л}$ и $22,6-42,9 \text{ мг/л}$ соответственно. По органолептическим показателям отмечены превышения уровня мутности ($1,1...26,4 \text{ мг/л}$, средний показатель – $14,4 \text{ мг/л}$ при ПДК $1,5 \text{ мг/л}$), цветности ($5...26 \text{ град.}$, в среднем 17 град. при ПДК 20 град.) и запаху ($0...4 \text{ баллов}$, среднее значение – $2,3 \text{ балла}$ при ПДК 2 балла). Показатель окисляемости – в пределах нормы. Содержание суммарного железа изменяется в пределах $0,06...2,20 \text{ мг/л}$. Средняя концентрация составляет $1,23 \text{ мг/л}$, то есть превосходит ПДК ($0,3 \text{ мг/л}$) в 4,1 раза. Остальные нормируемые санитарно-токсикологические и органические показатели содержатся в количествах, ниже предельно допустимых величин или ниже порога чувствительности методов исследований. В целом геохимический тип и качество выведенных из скважины подземных вод соответствуют природному составу каширского комплекса и обусловлены естественными факторами без признаков техногенного загрязнения. На водозаборе проводится комплексная водоподготовка. После многоступенчатой системы фильтров

и ультрафиолетового облучения качество воды, поступающей в разводящую сеть, соответствует требованиям санитарных норм.

С целью обеспечения нормативного качества подземных вод водозаборов Нарского месторождения были предложены технические решения и мероприятия по сохранению благоприятного качественного состава подземных вод. В состав необходимых мероприятий и технических решений целесообразно включить:

- проведение необходимого учета использования подземных вод;
- установление запрещающих правил на использование подземных вод для технических нужд промышленных объектов;
- строгое соблюдение установленных лимитов на использование воды;
- принятие мер по снижению отбора подземных вод на водозаборах;
- возможную дополнительную переоценку запасов подземных вод там, где не подтвердились их утвержденные запасы;
- закрытие и тампонаж бездействующих водозаборных скважин.
- зарещение сброса загрязненных сточных вод в поглощающие водоносные горизонты, которые имеют тесную гидравлическую взаимосвязь с горизонтами, которые используются для питьевого водоснабжения;
- отвод загрязненного поверхностного стока в специально отведенные накопители;
- устройство гидроизоляции тех сооружений, которые могут явиться потенциальными источниками загрязнения подземных вод;
- организацию геоэкологического мониторинга за гидродинамическими и гидрогеохимическими приоритетными показателями водоносных горизонтов, которые эксплуатируются для питьевых целей.

Для разработки и реализации необходимого комплекса мероприятий и технических решений по обеспечению качества подземных вод на водозаборах Нарского месторождения ставилась задача по оценке защищенности подземных вод каменноугольных отложений от поверхностного загрязнения [4, 5]. В частности, для определения размера ЗСО учитываться должны не только гидрогеологические условия,

но и естественная защищенность подземных вод от источников поверхностного загрязнения.

Защищенность подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта определяется интенсивностью поступления в него загрязненных вод с поверхности земли. В количественном отношении степень защищенности водоносного горизонта оценивается по времени движения загрязнений от поверхности земли до кровли эксплуатируемого водоносного горизонта через толщу перекрывающих пород. Время достижения подземных вод загрязняющих вод зависит от мощности, геофильтрационных свойств, пористости перекрывающих пород, градиента напора при вертикальной фильтрации и т.д. При оценке степени защищенности большое значение имеют вид загрязнений и его масштабы [6, 7].

Для приближенной оценки степени защищенности водоносного горизонта на исследуемом участке водозабора был проведен анализ гидрогеологических условий и выполнены расчеты по оценке времени достижения потенциально опасных и загрязненных поверхностных вод t'_r просачивания потенциально опасного загрязнения в водоносный горизонт по зависимости [8, 9]:

$$t'_r = \frac{n'_r \cdot m_r'^2}{k'_r \cdot \Delta H'}$$

где t'_r – время достижения загрязненных вод в водоносный горизонт, сут.; n'_r – активная пористость водоупорных или слабопроницаемых пород; k'_r – средний коэффициент вертикальной фильтрации водоупорных пород (принимался за 10^{-5} м/сут.); m'_r – мощность защитного водоупора, м.

При оценке защищенности водоносного горизонта и для расчета времени проникновения загрязненных вод в водоносный горизонт каменноугольных отложений принимались следующие исходные данные (табл. 2).

Произведенные расчеты показали, что время просачивания для исследуемой скважины составило 56206 суток. Это позволяет говорить о том, что рассчитанные значения превышают срок выживаемости микробных организмов (около 200 суток), поэтому исключалась возможность их проникновения с поверхности земли. Согласно расчетам по времени просачивания

Таблица 2. Исходные данные для расчета времени проникновения потенциально опасных загрязненных вод

Table 2. Initial data for calculating the time of penetration of potentially hazardous polluted water

№ скважины / Well №	H , м / H' , m	H , м / H' , m	ΔH , м / $\Delta H'$, m	k'_r , м/сут / k'_r , m / day	m'_r , м / m'_r , m	n'_r
1-Н	163,0	143,6	19,4	10^{-5}	46,7	0,005

загрязняющих веществ с поверхности земли, превышающего сроки выживаемости микроорганизмов, рекомендуется установить первый пояс зоны санитарной охраны не менее 15 м от скважины. В связи с тем, что исследуемый водозабор менее защищен и существенно зависит от гидрогеологических условий залегания подземных вод, мощности слабопроницаемых отложений, их фильтрационных параметров и литологического состава, были приняты рекомендации по улучшению качества питьевой воды. С этой целью на водозаборе предложено установить комплексную водоподготовку, после которой вода будет отвечать санитарным нормам [10-12].

В ходе исследований было выявлено, что подземные воды Наро-Фоминского района, эксплуатирующие каширский водоносный горизонт, недостаточно защищены в связи с отсутствием региональных выдержанных водоупоров, что сказывается на качестве питьевых вод. В связи с недостаточной защищенностью водоносного горизонта рекомендуется предложить дополнительный комплекс мероприятий для обеспечения хорошего качества воды, в состав которого можно включить следующее:

- отбор воды снизить до $100 \text{ м}^3/\text{сут.}$;
- исключить эксплуатацию подземных вод в непосредственной близости водоемов для недопущения загрязнения подземных вод с проникновением поверхностных вод;
- скважины глубиной менее 100 м в пределах г. Наро-Фоминска использовать исключительно в хозяйственно-бытовых целях, если же воды используются для питьевого водоснабжения, необходимо устанавливать систему водоочистки;
- для целей питьевого водоснабжения использовать скважины менее 100 м, пробуренные на каширский горизонт, только в тех случаях, когда воды защищены келловей-кимериджскими и ростиславльскими глинами;
- для целей питьевого водоснабжения использовать скважины более 100 м, пробуренные на алексинско-протвинский водоносный горизонт.

Таким образом, в связи со строительством новых крупных микрорайонов и жилых комплексов в г. Наро-Фоминске Московской области проблема питьевого водоснабжения становится особенно актуальной. Поэтому обеспечение этой области питьевой водой является

первостепенной задачей, которую можно решать за счет комплекса природоохранного и технического характера. В ходе исследований были детально изучены и проанализированы материалы экологических, геоэкологических, геолого-съемочных, комплексных геолого-гидрогеологических работ и специальных гидрогеологических исследований.

Выводы

На основе анализа проведенных исследований дана характеристика гидродинамического и гидрогеохимического режимов основных эксплуатируемых водоносных горизонтов, в том числе качества подземных вод исследуемого района. Было выявлено повышенное природное содержание отдельных компонентов, которое связано в первую очередь с литологическими особенностями водосодержащих отложений. Природное ожелезнение карбонатных пород в условиях неустойчивой окислительно-восстановительной обстановки предопределяет повышенное содержание в подземных водах железа. С превышением концентраций железа в большинстве случаев связано несоответствие качества подземных вод по показателю цветности. Повышенное содержание стронция обусловлено присутствием целестина, встречающегося в каменноугольных отложениях. Высокие уровни α -радиоактивности являются следствием природного процесса изотопного обмена между водной фазой и водовмещающими породами.

По результатам количественной оценки защищенности выявлено, что исследуемый водозабор каширского горизонта имеет невысокую степень защищенности. Произведенные расчеты показали, что время проникновения загрязненных вод через слабопроницаемые породы составляет больше 200 суток. Это дает возможность отметить, что вероятность проникновения загрязнений с поверхности земли исключается.

С целью наиболее лучшей защищенности от поступления источников загрязнения с поверхности земли рекомендуется устанавливать первый пояс зоны санитарной охраны радиусом не менее 15 м от скважины. Второй пояс санитарной охраны, согласно проведенным подсчетам, составляет радиус 116 м, что позволяет полностью исключить бактериологическое загрязнение. В радиусе третьего пояса (819 м) активные источники химического загрязнения не должны быть выявлены.

Список использованных источников

1. Боровский Б.В., Язвин А.Л. Новые принципы методики оценки эксплуатационных подземных вод в районах интенсивной эксплуатации (на примере Московского региона) // Разведка и охрана недр. 2012. № 11. С. 5-10.
2. Зекцер И.С. Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод. М.: Научный мир, 2012. 374 с.
3. Гавич И.К. Гидрогеодинамика: учебник для вузов. М.: Недра, 1988. 349 с.
4. Карпенко Н.П. Анализ защитных свойств пород зоны аэрации и оценка защищенности грунтовых вод в зоне сброса загрязняющих стоков // Природообустройство. 2014. № 2. С. 70-74.
5. Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Экологические особенности использования водных ресурсов для питьевого водоснабжения Московского региона // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию Н.И. Вавилова, 5-7 декабря 2017 г. Доклады ТСХА. 2018. Вып. 290. Ч. 2. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. С. 57-59.
6. Карпенко Н.П., Ломакин И.М., Дроздов В.С. Вопросы управления геоэкологическими рисками при оценке качества подземных вод на урбанизированных территориях // Природообустройство. 2019. № 5. С. 106-111.
7. Карпенко Н.П., Ломакин И.М., Дроздов В.С. Гидрогеология и основы геологии: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018. 328 с.
8. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. М.: ВНИИ «ВОДГЕО», 1983. 102 с.
9. Оценка эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод по участкам недр, эксплуатируемым одиночными водозаборами: Методические рекомендации. М.: ЗАО «ГИДЭЖ», 2002. 95 с.
10. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М.: МПР РФ, 2007. 8 с.
11. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2001. 156 с.
12. СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения. М.: Минздрав России, 2002. 136 с.

Об авторе

Нина Петровна Карпенко, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, SPIN-код: 3054-6462, AuthorID: 532745; <https://orcid.org/0000-0001-6638-149X>; npkarpenko@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Карпенко Н.П. выполнила теоретические и практические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 20.02.2024

Одобрена после рецензирования / Approved after peer review 01.10.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 01.10.2024

References

1. Borevsky B.V., Yazvin A.L. New principles of the methodology for assessing operational groundwater in areas of intensive exploitation (on the example of the Moscow region) // Exploration and protection of subsoil. 2012. No. 11. P. 5-10.
2. Zektser I.S. Underground runoff and fresh groundwater resources. M.: Scientific world. 2012. 374 p.
3. Gavich I.K. Hydrogeodynamics: Textbook for universities. M.: Nedra. 1988. 349 p.
4. Karpenko N.P. Analysis of the protective properties of rocks in the aeration zone and assessment of the protection of groundwater in the discharge zone of polluting effluents // Prirodoobustrojstvo. 2014 No. 2. P. 70-74.
5. Karpenko N.P., Lomakin I.M. Ecological features of the use of water resources for drinking water supply in the Moscow region. – Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of N.I. Vavilov, December 5-7, 2017. TLC reports. Issue 290. Part 2.M.: RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev. 2018. P. 57-59.
6. Karpenko N.P., Lomakin I.M., Drozdov V.S. Issues of geoecological risk management in assessing groundwater quality in urbanized territories // Prirodoobustrojstvo. 2019. No. 5. P. 106-111.
7. Karpenko N.P., Lomakin I.M., Drozdov V.S. Hydrogeology and fundamentals of geology: textbook, manual. Moscow: INFRA-M. 2018. 328 p.
8. Recommendations on hydrogeological calculations for determining the boundaries of sanitary protection zones for underground sources of household and drinking water supply. M.: VNI VODGEO. 1983. 102 p.
9. Assessment of operational reserves of drinking and technical groundwater for subsurface areas operated by single intakes. Methodological recommendations. M.: CJSC GIDEX. 2002. 95 p.
10. Classification of reserves and forecast resources of drinking, technical and mineral groundwater. Moscow: MPR RF 2007. 8 p.
11. SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for the water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. M.: Ministry of Health of Russia. 2001. 156 p.
12. SanPiN 2.1.4.1110-02 «Zones of sanitary protection of water supply sources and water pipes for household and drinking purposes». Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation. 2002. 136 p.

About the author

Nina P. Karpenko, DSc (Eng), leading researcher, SPIN-код: 3054-6462, AuthorID: 532745; <https://orcid.org/0000-0001-6638-149X>; npkarpenko@yandex.ru

Karpenko N.P. has carried out theoretical and practical research, on the basis of which she summarized and wrote the manuscript, she has copyright on the article and is responsible for plagiarism.